

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 15 SEP 2004	
WIPO	PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 38 489.8

Anmeldetag: 21. August 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE

Bezeichnung: Einspritzventil mit kapazitivem
Ventilhubsensor

IPC: F 02 M 65/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. August 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Beschreibung

Einspritzventil mit kapazitivem Ventilhubsensor

- 5 Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil mit kapazitivem Ventilhubsensor für Brennkraftmaschinen.

Ein derartiges Einspritzventil ist bereits aus der DE 198 30 667 A1 bekannt.

10

Im Zusammenhang mit den wachsenden Anforderungen an ein geregeltes Motor-Einspritzsystem wird es zunehmend wichtiger, ein stabiles Regelsystem zur präzisen Regelung der einzuspritzen-

15

beispielsweise in einem Diesel Piezo-Injektor mit Diesel-Motorsteuerungssystem, kann eine ausreichend genaue Erfassung bzw. Ermittlung des Zeitpunktes und der tatsächlichen Menge der einzelnen Einspritzung nicht direkt erfolgen, sondern nur mittelbar durch Erfassung der tatsächlichen Bewegung der Ven-

20

tilnadel im Einspritzventil und einer darauf aufbauenden Berechnung der Einspritzmenge.

Zum Zweck der Erfassung der tatsächlichen Bewegung der Ventilstadel sind in den letzten Jahren bereits Nadelhubsensoren bekannt geworden, die berührungslos, beispielsweise auf der Basis von optischen Elementen oder von Hall-Elementen, arbeiten. Es ist jedoch – auch unter Kostengesichtspunkten – nicht unproblematisch, derartige Sensoren mit relativ hohem Raumbedarf in einen ohnehin eng dimensionierten Injektor, gegebenenfalls in eine Umgebung, in der Kraftstoffdrücke bis zu 2000 bar herrschen, einzubauen. Zum anderen bedingt der Einbau eines Nadelhubensors ein erhöhtes Risiko von Undichtigkeiten.

30

- 35 Aus der DE 31 17 779 ist ein Nadelhubsensor mit eingeschränkten Überwachungsmöglichkeiten in Form eines Nadelspitze / Ventilsitz-Kontaktschalters bekannt, dessen zwei Schaltposi-

tionen mit den Zeitpunkten des Schließens bzw. Öffnens der Ventilnadel korreliert sind, so dass die tatsächliche Einspritzdauer, nicht jedoch der genaue Einspritzverlauf, bzw. die tatsächliche Einspritzmenge, gemessen werden kann. Sitz-
5 kontaktschalter setzen darüber hinaus in der Schließposition, also beim Auftreffen der Ventilnadel auf den Ventilsitz, einen guten elektrischen Kontakt zwischen der Spitze der Ventilnadel und dem Ventilsitz voraus, während neuere Bestrebungen eher dahin gehen, die hohen Schlagbeanspruchungen im Be-
10 trieb zu mindern.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, in einfacher Weise ein Ventil der eingangs angegebenen Art als Einspritz-
15 ventil, insbesondere als Piezo-Injektor, zu realisieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Einspritzventil gemäß Anspruch 1 gelöst. Weiterbildungen und bevorzugte Maßnahmen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

20 Erfindungsgemäß ist bei einem Einspritzventil der eingangs genannten Art demnach vorgesehen, dass ein an den Stromkreis angeschlossener, elektrisch leitender Injektorkörper vorhanden ist, an dem ein Düsenkörper mit einem Ventilsitz ausgebildet ist, und dass das Verschlußglied als Ventilnadel aus-
25 gebildet ist, die an ihrer dem Ventilsitz entgegengesetzten, ventilabgewandten Endfläche an den Stromkreis angeschlossen ist.

30 Die Erfindung beruht auf der Voraussetzung einer Ventilnadel, die bis auf einen elektrischen Kontaktpunkt am dem Ventilsitz entgegengesetzten Ende vollständig gegenüber dem Düsenkörper (Gehäuse) isoliert ist. Ventilnadel und Gehäuse bilden einen Kondensator. Durch die Bewegung der Ventilnadel ändert sich der Abstand zwischen der Spitze der Ventilnadel und dem Ven-
35 tilssitz, während der Abstand zwischen Nadelführung und Gehäuse konstant bleibt. Da Ventilnadel und Düsenkörper beide elektrisch leitend sind und insbesondere durch eine isolieren-

de Schicht voneinander getrennt sind, erfüllen sie die Charakteristik eines in seinem Kapazitätswert veränderlichen Kondensators, wobei die Kapazität indirekt proportional zum Abstand zwischen Ventilsitz und Ventilnadelspitze ist. Mittels eines elektrischen Signals gelingt es erfindungsgemäß Bewegungsanfang und Position während der Bewegung der Ventilnadel reproduzierbar und dokumentierbar zu detektieren. Aus diesen Signalen können der Einspritzverlauf und die Einspritzmenge berechnet werden. Dadurch kann für den Serienbetrieb ein stabiles Regelsystem zur Regelung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge aufgebaut werden.

Zur weiteren mechanischen und elektrischen Realisierung ist es gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung vorteilhaft, dass die Spannungsanbindung des Kondensator-Stromkreises über einen isoliert in einer axialen Bohrung im Injektorkörper geführten Leiter erfolgt, der mit einer isoliert im Injektorkörper angeordneten, elektrisch leitenden Kontaktfeder verbunden ist, die sich kontaktgebend an der Unterseite des Kopfes eines leitenden Injektorkolbens abstützt, der kontaktgebend gegen die ventilabgewandte Endfläche der Ventilnadel gedrückt ist. Im Einzelnen ist es bei dieser Ausführungsform vorteilhaft, dass der Injektorkörper oberhalb der ventilabgewandten Endfläche der Ventilnadel als Zwischenscheibe ausgebildet ist, und dass auf der ventilabgewandten Seite der Zwischenscheibe ein elektrisch leitendes Kontaktteil zur elektrischen Verbindung zwischen dem Leiter und der Kontaktfeder vorgesehen ist, das gegenüber dem Injektorkörper und der Zwischenscheibe elektrisch isoliert ist und auf dem sich die Kontaktfeder mit ihrem ventilseitigen Ende abstützt. Dabei ist es ferner vorteilhaft, am Anfang und Ende der axialen Bohrung jeweils eine Abdichtung vorzusehen.

Gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist es von Vorteil, den Kondensator-Stromkreis über eine elektrisch isoliert im Injektorkörper angeordnete Düsenhaltefeder zu führen, welche die Ventilnadel gegen den Ventilsitz drückt, wo-

bei sich die Düsenhaltefeder mit einem ventilabgewandten Ende an einer Einstellscheibe, die mit einem weiterführenden Anschlusskontakt elektrisch verbunden ist, und ventilseitig an einem leitenden Injektorkolbens abstützt, der kontaktgebend gegen die ventilabgewandte Endfläche der Ventilnadel gedrückt ist.

Die elektrische Isolierung kann bei diesen Ausführungsformen in einfacher Weise sichergestellt bzw. verbessert werden, indem insbesondere die Ventilnadel und der Injektorkolben mindestens an einem Teil der nicht zur Kontaktgabe dienenden Flächen eine isolierende Schicht aufweisen.

Im Hinblick auf eine elektrische Entkoppelung von bewegbaren Ventiltteilen bzw. von ventilseitigen Bereichen des Einspritzventils vom Kondensator, ist es von besonderem Vorteil, einen Steuerkolben vorzusehen, der mit seiner ventilseitigen Endfläche auf den zentralen Bereich der ventilabgewandten Kopffläche des Injektorkolbens drückt, wobei gleichzeitig an der Kopffläche des Injektorkolbens eine isolierende Schicht vorzusehen ist.

Innerhalb bestehender konstruktiver Aufbauten von Injektoren kann der kapazitive Ventilhubsensor günstigerweise dadurch integriert werden, dass der Injektorkörper oberhalb der ventilabgewandten Endfläche der Ventilnadel als Zwischenscheibe ausgebildet ist, und dass an der Endfläche der Ventilnadel eine axiale Ringschulter ausgebildet ist, der eine an der Unterseite der Zwischenscheibe ausgebildete Gegenschulter als Anschlagfläche zugeordnet ist, wobei die Unterseite der Zwischenscheibe mindestens im Bereich der Anschlagfläche mit einer isolierenden Schicht versehen sein kann.

Mit Blick auf die Vermeidung von Leckströmen und von Korrosion ist es günstig, dass der jeweils vorliegende Ventilhub durch Messung der jeweils an dem Ventilsitz ($R_2 + C_{var}$) abfallenden Spannung U_{in} ermittelbar ist, wobei als Betriebsspan-

nung U_B eine Wechselspannung angelegt ist. Dabei wird die Änderung des komplexen Widerstands $R_2 + C_{var}$ in einem vorgegebenen Zeitfenster gemessen, um die Position der Düsennadel bzw. den Ventilhub festzustellen.

5

Die isolierenden Schichten können bevorzugt, zumindest stellenweise, als Diamond-Like-Carbon (DLC)- oder Aluminiumoxid- oder als Zirkonoxynitrit-Schicht ausgebildet sein, die sich neben ihren isolierenden Eigenschaften durch hohe Abriebfestigkeit und Abschlagfestigkeit auszeichnet und die Bewegung der entsprechenden Teile nicht durch Reibung hemmt.

10

Der jeweils vorliegende Ventilhub H der Düsennadel ist durch Messung der jeweils an dem komplexen Widerstand $R_2 + C_{var}$ abfallenden Spannung ermittelbar, wobei als Betriebsspannung U_B eine Wechselspannung angelegt ist und der komplexe Widerstand im Wesentlichen zwischen Düsennadel und Düsenkörper gebildet wird.

15

Die axiale Position der Düsennadel hängt ab von der ermittelten Kapazität und dem Widerstand zwischen dem Injektorkörper und mindestens einem Ventiltteil.

20

Der Zeitpunkt des Abhebens der Düsennadel vom Ventilsitz hängt ab von der ermittelten Änderung der Kapazität zwischen Düsennadel und Düsenkörper und ist insbesondere erfassbar durch die ermittelte Verringerung der Kapazität.

Der Verschleiß der Isolierschicht zwischen Düsennadel und Düsenkörper hängt ab von dem ermittelten ohmschen Widerstand zwischen Düsennadel und Düsenkörper, wobei vorzugsweise bei erhöhtem Verschleiß eine Reduzierung des Widerstands (R_2) einhergeht.

30

Die Innenseite des Düsenkörpers und die Düsennadel sind dabei zumindest im Bereich des Ventilsitzes beschichtet.

35

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung des in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigt:

5

Figur 1 schematisch einen Längsschnitt durch den düsenseitigen Teil eines Einspritzventils gemäß der Erfindung,

10

Figur 2 eine andere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Einspritzventils in der Darstellung gemäß Figur 1,

15

Figur 3 ein elektrisches Ersatzschaltbild des zur kapazitiven Bestimmung des Ventilhubes herangezogenen Kondensator-Stromkreises.

20

Figur 1 zeigt im Längsschnitt beispielhalber ein piezoelektrisch angetriebenes Einspritzventil, das, zusammen mit anderen Piezo-Injektoren, in an sich bekannter Weise mit einem nicht dargestellten zentralen Druckspeicher (Common Rail) für Diesel-Kraftstoff verbindbar ist und dessen elektrische Ansteuerung mittels eines externen Steuergerätes (ECU) erfolgt. Der Piezo-Aktuator selbst befindet sich üblicherweise im hier nicht dargestellten oberen Teil des Injektorkörpers 14.

25

Der dargestellte untere Teil des Einspritzventils ist hauptsächlich aus elektrisch leitenden Materialien hergestellt und bezüglich der Ventilachse 1 vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildet. Er weist einen Düsenkörper 2 auf, an dessen Düsenöffnung 3 ein Ventilsitz 4 ausgebildet ist, auf welchem eine Ventilnadel 5 sitzt. Die Ventilnadel 5 ist in ihrem oberen, im Querschnitt vergrößerten Abschnitt eng im Düsenkörper 2 geführt, wobei eine Isolierschicht 22, in jedem Fall jedoch eine abriebfeste und reibarme Isolierung, zwischen diesem Abschnitt der Ventilnadel 5 und dem Düsenkörper 2 vorgesehen ist. Am Übergang des oberen zum unteren, im Querschnitt verengten Abschnitts der Ventilnadel 5 ist eine (über einen nicht dargestellten Zulauf) mit Kraftstoff versorgte Hoch-

30

35

druckkammer 13 vorgesehen, von der aus die Zuführung von Kraftstoff entlang der Ventalnadel 5, über den Ventilsitz 4, zur Düsenöffnung 3 hin erfolgen kann. Dadurch ist entlang des unteren Abschnittes der Ventalnadel 5 im Normalfall bereits
5 eine ausreichende elektrische Isolierung zum Düsenkörper 2 gegeben.

Die obere Endfläche der Ventalnadel 5 grenzt an eine Zwischenscheibe 6, die, zusammen mit der engen Führung der Ventalnadel 5, bei dieser Ausführungsform einen ventilseitigen Hochdruckbereich des Kraftstoff-Einspritzventils von einem darüber befindlichen Niederdruckbereich trennt und die mit den darüber und darunter angeordneten weiteren Bereichen des Düsenkörpers 2 bzw. des Injektorkörpers 14 leitend verbunden
10 ist. Oberhalb der Zwischenscheibe 6 ist im Injektorkörper 14 ein stirnseitig offener Federraum 7 ausgespart, in dem eine Düsenhaltefeder 8 angeordnet ist. Die Düsenhaltefeder 8 stützt sich nach unten hin auf die Oberseite eines als T-Stück ausgebildeten Injektorkolbens 9 ab, der durch eine Bohrung im Zwischenstück 6 hindurchgeführt ist und mit seiner
15 Unterseite auf die obere Endfläche der Ventalnadel 5 drückt. Gegenüberliegend stützt sich die Düsenhaltefeder 8 an einer gegenüber dem Injektorkörper 14 isoliert angeordneten Einstellscheibe 10 ab, die durch eine nach außen führende Bohrung mit einem gegenüber dem Injektorkörper 14 isolierten Anschlusskontakt 11 elektrisch verbunden ist.
20

Axial durch die Düsenhaltefeder 8 hindurch ist ein Steuerkolben 12 geführt, der mit einer Endfläche auf die Oberseite des Injektorkolbens 9 drückt und mit dem gegenüberliegenden Ende in den oberen Teil des Einspritzventils hineinreicht.
30

Die in den mechanisch-hydraulischen Aspekten an sich bekannte Funktionsweise dieser Konstruktion beruht darauf, dass, solange der Injektor nicht angesteuert wird, der hohe Kraftstoffdruck gleichzeitig an der Spitze der Ventalnadel 5 und in einem an der oberen Endfläche des Steuerkolbens 12 ange-
35

ordneten Stellerraum anliegt, sich dort, wegen der größeren Fläche, jedoch mit einer größeren wirksamen Druckkraft äußert und somit das Ventil schließt. Wird der Injektor angesteuert, so öffnet der sich ausdehnende Piezo-Aktuator einen Kraft-

5 stoffrücklauf vom Stellerraum, wodurch der Druck an der Spitze der Ventalnadel 5 das Übergewicht erhält, die Ventalnadel 5 nach oben drückt und das Düsenventil öffnet. Grundsätzlich sind erfindungsgemäß jedoch auch andere Ausführungen möglich, bei denen ein Piezo-Aktor oder ein Magnetventil beim Schließen des Ventils bestromt wird.

10

Wie in Figur 1 erkennbar, ist der Querschnitt des oberen Abschnittes der Ventalnadel 5 etwas größer als der Querschnitt der in der Zwischenscheibe 6 für den Injektorkolben 9 vorgesehenen Bohrung. Auf diese Weise ist an der oberen Endfläche der Ventalnadel 5 eine axiale Ringschulter gebildet, der eine an der Unterseite der Zwischenscheibe 6 ausgebildete Gegen-

15 schulter als Anschlagfläche zugeordnet ist.

Figur 2 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Einspritzventils, die sich in der Kontaktierung von der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform unterscheidet. Die Spannungsan-

20 bindung erfolgt, wie erkennbar, über einen Anschluss 15 und eine axiale Bohrung 19 im Injektorkörper 14, durch die ein isolierter Leiter (Draht) 16 geführt wird. Auf der ventilab-

25 gewandten Seite der Zwischenscheibe (Anschlagscheibe) 6 wird ein elektrisch leitendes Kontaktteil 18 eingearbeitet, das gegenüber der Zwischenscheibe 6 und dem Injektorkörper 14, z.B. durch eine isolierende Einlage, elektrisch isoliert ist,

30 und eine feste elektrische Verbindung zum Leiter 16 hat. Auf das Kontaktteil 18 stützt sich eine elektrisch leitende Kontaktfeder 17, die sich an ihrem anderen Ende an der Unterseite des Kopfes des Injektorkolbens 9 abstützt und so die Spannung an den Injektorkolben 9 weiterführt. Der Injektorkolben

35 9 ist zur elektrischen Entkopplung und zur Verringerung der parasitären Kapazitäten gegenüber dem Steuerkolben 12 an der Kopffläche und den Seitenflächen des Kopfes mit einer elekt-

risch isolierenden Schicht 21 versehen. Über das ventilseitige Ende des Hubeinstellbolzens 9 wird die Spannung zur Ventilmadel 5 (die seitlich isoliert zum Düsenkörper 2 geführt ist) geleitet. Vorteile dieser Kontaktierungsvariante sind die einfachere Verbaubarkeit im Motorraum und die Möglichkeit, den Anschluss 15 im Einspritzventil nach oben weiterzuführen und damit insbesondere eine elektrische Anbindung an den Stecker des Piezo-Aktors zu schaffen. Die Bohrung 19 sollte, wie dargestellt, von innen nach außen sowie von außen nach innen mittels einer Abdichtung 20 abgedichtet sein, um ein Eindringen von Fremdstoffen bzw. einen Druckverlust zu vermeiden.

Die Düsenmadel 5 und der Injektorkörper 14 (Gehäuse) des beschriebenen Einspritzventils bilden einen in einem Stromkreis angeschlossenen Kondensator, der wie folgt als kapazitiver Ventilhubsensor wirkt:

Um ein mit der Position der Ventilmadel 5 und dem damit verbundenen Ventilhub H korrespondierendes elektrisches Signal zu erhalten, wird der Düsenkörper 2 auf Massepotenzial gelegt und der Anschlusskontakt 11 wird über einen Vorwiderstand R_{vor} mit einer Spannungsquelle U_B verbunden. Bei dieser in Figur 3 dargestellten Schaltungsanordnung wird direkt der Abfall der Spannung U_{inj} an $R_2 + C_{var}$ gemessen und zur Auswertung, z. B. im Rahmen einer zentralen Steuereinheit (ECU), herangezogen. Die Spannung U_B wird der Einstellscheibe 10 der Düsenhaltefeder 8 oder dem Anschluss 15 zugeführt und, je nach Kontaktvariante, zur Ventilmadel 5 weitergeleitet. Dabei ist zu beachten, dass alle stromführenden Teile außer den Kontaktstellen ausreichend gut gegenüber dem Düsenkörper 2 isoliert sind. Dies wird durch eine aufgesputterte Diamond-Like-Carbon (DLC)- oder eine Aluminiumoxid- oder eine Zirkonoxynitrit-Schicht gewährleistet, die neben einer hohen Abriebfestigkeit auch einen niedrigen elektrischen Leitwert besitzt und sich daher auch als Isolationsschicht eignet, auch wenn Leckströme nicht auszuschließen sind. Eine Isolierschicht muss insbeson-

dere an den Stellen der Einstellscheibe 10 und des Hubeinstellbolzens 9 vorgesehen werden, an denen eine Engführung zum Düsenkörper 2 hin besteht. Bei dieser Isolierschicht ist es weiterhin von Vorteil, wenn sie auch einen sehr niedrigen Reibbeiwert, der eine gute Laufeigenschaft der bewegten Teile garantiert, aufweist.

Das in Figur 3 dargestellte elektrische Ersatzschaltbild macht ferner die Widerstandsverhältnisse im Injektor deutlich und zeigt den einfachen Aufbau des Messkreises mit der Spannungsquelle U_B , dem Kondensator C_{var} und dem in Reihe zu C_{var} geschalteten Widerstand R_{vor} . R_2 ist der ohmische Widerstandsanteil, C_{var} der entsprechende kapazitive Blindanteil zwischen Düsenadel und dem Ventilsitz. R_{iso} bezeichnet den Isolationswiderstand der Isolierschicht und R_{FG} den Übergangswiderstand zwischen der Führung der Ventilnadel 5 und dem Düsenkörper 2. Dabei gilt $R_2 \ll (R_{iso} + R_{FG})$. C_{var} und R_2 stellen im Wesentlichen den komplexen Widerstand zwischen dem Ventilsitz dar, der durch Düsenadelspitze 4 und der zugehörigen Innenseite des Düsenkörpers 2 dar.

Zur Vermeidung von Korrosion durch Kontaktabbrand und/oder galvanische Prozesse offener Kontaktflächen und da an den Isolierschichten Leckströme zu erwarten sind, wird die Betriebsspannung U_B als Wechselspannung ausgelegt.

Der Gesamthub der Ventilnadel 5 kann beispielsweise 100-250 μm betragen. Die elektrische Auswertung kann, abgesehen von der bereits beschriebenen Messung des Spannungsabfalls U_{inj} , auch nach einem anderen elektrischen Prinzip bzw. auch in Kombination mit einer geeigneten Spule durch Verstimmung der Resonanzfrequenz realisiert werden.

Bei der elektrischen Auswertung muss die Tatsache beachtet werden, dass die zu messenden, relativ kleinen Kapazitätsänderungen einer – auch durch parallel geschaltete Kapazitäten bedingten, vgl. C_{konst} und zugehörigen R_1 in Figur 3, – großen

Gesamtkapazität gegenüberstehen. Es ist deshalb vorteilhaft, die Gesamtkapazität insbesondere dadurch zu verringern, dass zwischen der unteren Endfläche des Steuerkolbens 12 und der oberen Endfläche des Injektorkolbens 9 eine Isolierschicht
5 eingefügt wird, die die Gesamtkapazität durch Reihenschaltung von Teilkapazitäten verringert.

Erfindungsgemäß kann mit relativ einfachen Mitteln, insbesondere ohne größerem mechanischen Aufwand, die Position der
10 Ventilnadel 5 in direkter Weise detektiert werden. Daraus kann im Weiteren eine Regelkette aufgebaut werden, die aus den gemessenen Werten über wenige Rechenschritte auf die tatsächliche Einspritzmenge schließt, diese mit den nach Betriebsart vordefinierten Sollwerten vergleicht und über eine
15 Auswertung der Differenzen die Ansteuerparameter entsprechend anpasst.

Patentansprüche

1. Einspritzventil mit kapazitivem Ventilhubsensor für Brennkraftmaschinen, mit einem Ventilsitz (4) und bewegbaren Ventiltteilen, die ein dem Ventilsitz (4) zugeordnetes längsgeführtes Verschlußglied umfassen, das elektrisch isoliert geführt ist, wobei das Verschlußglied und der Ventilsitz (4) jeweils Elektroden eines in einem Stromkreis angeschlossenen Kondensators bilden, dessen Kapazität sich mit dem Ventilhub des Verschlußglieds ändert,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein an den Stromkreis angeschlossener, elektrisch leitender Injektorkörper (14) vorgesehen ist, an dem ein Düsenkörper (2) mit einem Ventilsitz (4) ausgebildet ist, und dass das Verschlußglied als Ventilnadel (5) ausgebildet ist, die an ihrer dem Ventilsitz (4) entgegengesetzten, ventilabgewandten Endfläche an den Stromkreis angeschlossen ist.
2. Einspritzventil nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsanbindung des Stromkreises über einen isoliert in einer axialen Bohrung (19) im Injektorkörper (14) geführten Leiter (16) erfolgt, der mit einer isoliert im Injektorkörper (14) angeordneten, elektrisch leitenden Kontaktfeder (17) verbunden ist, die sich kontaktgebend an der Unterseite des Kopfes eines leitenden Injektorkolbens (9) abstützt, der kontaktgebend gegen die ventilabgewandte Endfläche der Ventilnadel (5) gedrückt ist.
3. Einspritzventil nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Injektorkörper (14) oberhalb der ventilabgewandten Endfläche der Ventilnadel (5) als Zwischenscheibe (6) ausgebildet ist, und dass auf der ventilabgewandten Seite der Zwischenscheibe (6) ein elektrisch leitendes Kontaktteil (18) zur elektrischen Verbindung zwischen dem Leiter (16) und der Kontaktfeder (17) vorgesehen ist, das gegenüber dem Injektorkörper (14) und der Zwischenscheibe (6)

elektrisch isoliert ist und auf dem sich die Kontaktfeder (17) mit ihrem ventilseitigen Ende abstützt.

4. Einspritzventil nach Anspruch 2 oder 3,

5 dadurch gekennzeichnet, das am Anfang und Ende der axialen Bohrung (19) jeweils eine Abdichtung (20) vorgesehen ist.

5. Einspritzventil nach Anspruch 1,

10 dadurch gekennzeichnet, dass der Stromkreis über eine elektrisch isoliert im Injektorkörper (14) angeordnete Düsenhalterfeder (8) führt, welche die Ventalnadel (5) gegen den Ventilsitz (4) drückt, wobei sich die Düsenhalterfeder (8) mit einem ventilabgewandten Ende an einer Einstellscheibe (10), die mit einem weiterführenden Anschlusskontakt (11) elektrisch verbunden ist, und ventilseitig an einem leitenden Injektorkolben (9) abstützt, der kontaktgebend gegen die ventilabgewandte Endfläche der Ventalnadel (5) gedrückt ist.

6. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 5,

20 dadurch gekennzeichnet, dass die Ventalnadel (5) und der Injektorkolben (9) mindestens an einem Teil der nicht zur Kontaktgabe dienenden Flächen eine isolierende Schicht aufweisen.

7. Einspritzventil nach Anspruch 5 oder 6,

30 dadurch gekennzeichnet, dass ein Steuerkolben (12) vorgesehen ist, der mit seiner ventilseitigen Endfläche auf den zentralen Bereich der ventilabgewandten Kopffläche des Injektorkolbens (9) drückt, und dass an der Kopffläche des Hubeinstellbolzens (9) eine isolierende Schicht vorgesehen ist.

8. Einspritzventil nach einem der vorherigen Ansprüche,

35 dadurch gekennzeichnet, dass der Injektorkörper (14) oberhalb der ventilabgewandten Endfläche der Ventalnadel (5) als Zwischenscheibe (6) ausgebildet ist, und dass an der Endfläche der Ventalnadel (5) eine axiale Ringschulter ausgebildet ist, der eine an der Unterseite der Zwischenscheibe (6) ausgebil-

dete Gegenschulter als Anschlagfläche zugeordnet ist, wobei die Unterseite der Zwischenscheibe (6) mindestens im Bereich der Anschlagfläche mit einer isolierenden Schicht versehen ist.

5

9. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch isolierende Schicht als Diamond-Like-Carbon (DLC)- oder Aluminiumoxid- oder als Zirkonoxynitrit-Schicht ausgebildet ist.

10

10. Einspritzventil nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils vorliegende Ventilhub (H) durch Messung der jeweils an dem komplexen Widerstand ($R_2 + C_{var}$) abfallenden Spannung U_{inj} ermittelbar ist, wobei als Betriebsspannung U_B eine Wechselspannung angelegt ist und der komplexe Widerstand im Wesentlichen zwischen Düsennadel und Düsenkörper gebildet wird.

15

11. Einspritzventil nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Position der Düsennadel (5) abhängt von der ermittelten Kapazität (C_{var}) und Widerstand (R_2) zwischen dem Injektorkörper (14) und mindestens einem Ventiltteil (5, 6, 9, 12).

20

12. Einspritzventil nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt des Abhebens der Düsennadel vom Ventilsitz abhängt von der ermittelten Änderung der Kapazität zwischen Düsennadel und Düsenkörper und insbesondere erfassbar ist durch die ermittelte Verringerung der Kapazität.

25

30

13. Einspritzventil nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschleiß der Isolierschicht zwischen Düsennadel und Düsenkörper abhängt von dem ermittelten ohmschen Widerstand (R_2) zwischen Düsennadel (5) und Düsenkörper (2) und vorzugsweise bei erhöhtem Verschleiß eine Reduzierung des Widerstands (R_2) einhergeht.

35

14. Einspritzventil nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenseite des Düsenkörpers (2) und die Düsennadel (5) zumindest im Bereich des Ventilsitzes (4) beschichtet sind.

Zusammenfassung

Einspritzventil mit kapazitivem Ventilhubsensor

- 5 Bei einem Einspritzventil, bei dem die bewegbaren Ventiltteile und der Ventilsitz (4) jeweils Elektroden eines in einem Stromkreis angeschlossenen Kondensators bilden, dessen Kapazität sich mit dem Ventilhub des Verschlußglieds ändert, wird vorgeschlagen, dass der Ventilsitz (4) in einem elektrisch leitenden, an den Stromkreis angeschlossenen Düsenkörper (2) ausgebildet ist, und dass das Verschlußglied als Ventilnadel (5) ausgebildet ist, die an ihrer dem Ventilsitz (4) entgegengesetzten Endfläche an den Stromkreis angeschlossen ist.

15 Figur 2

Fig. 1

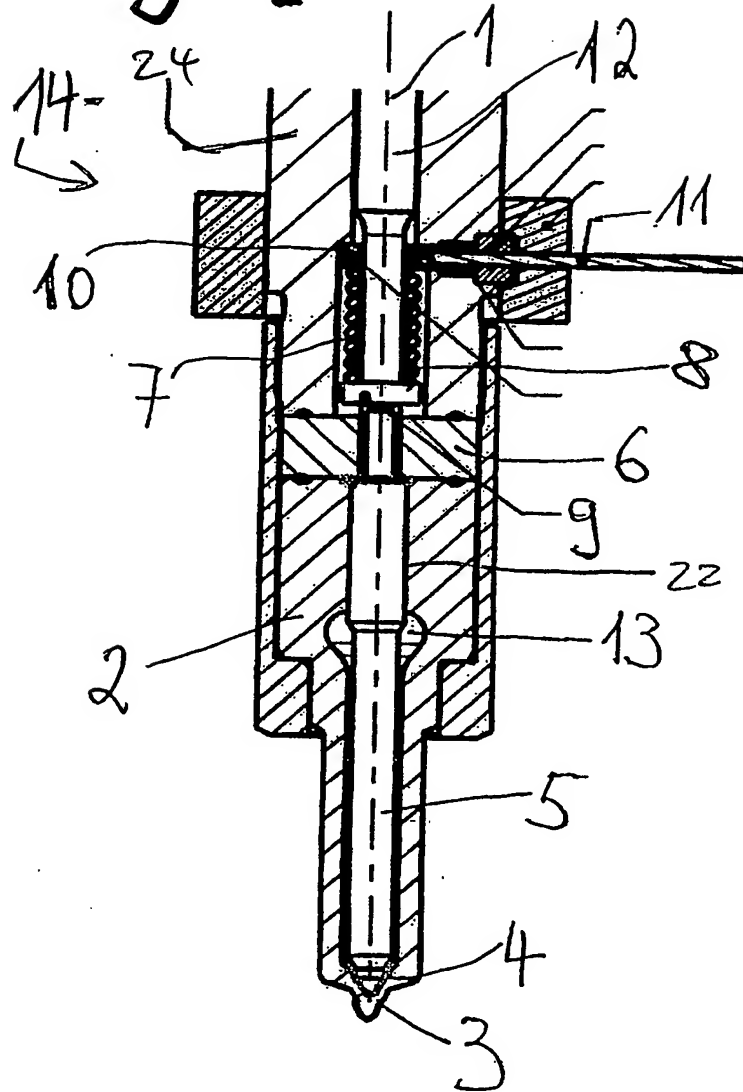


Fig. 2

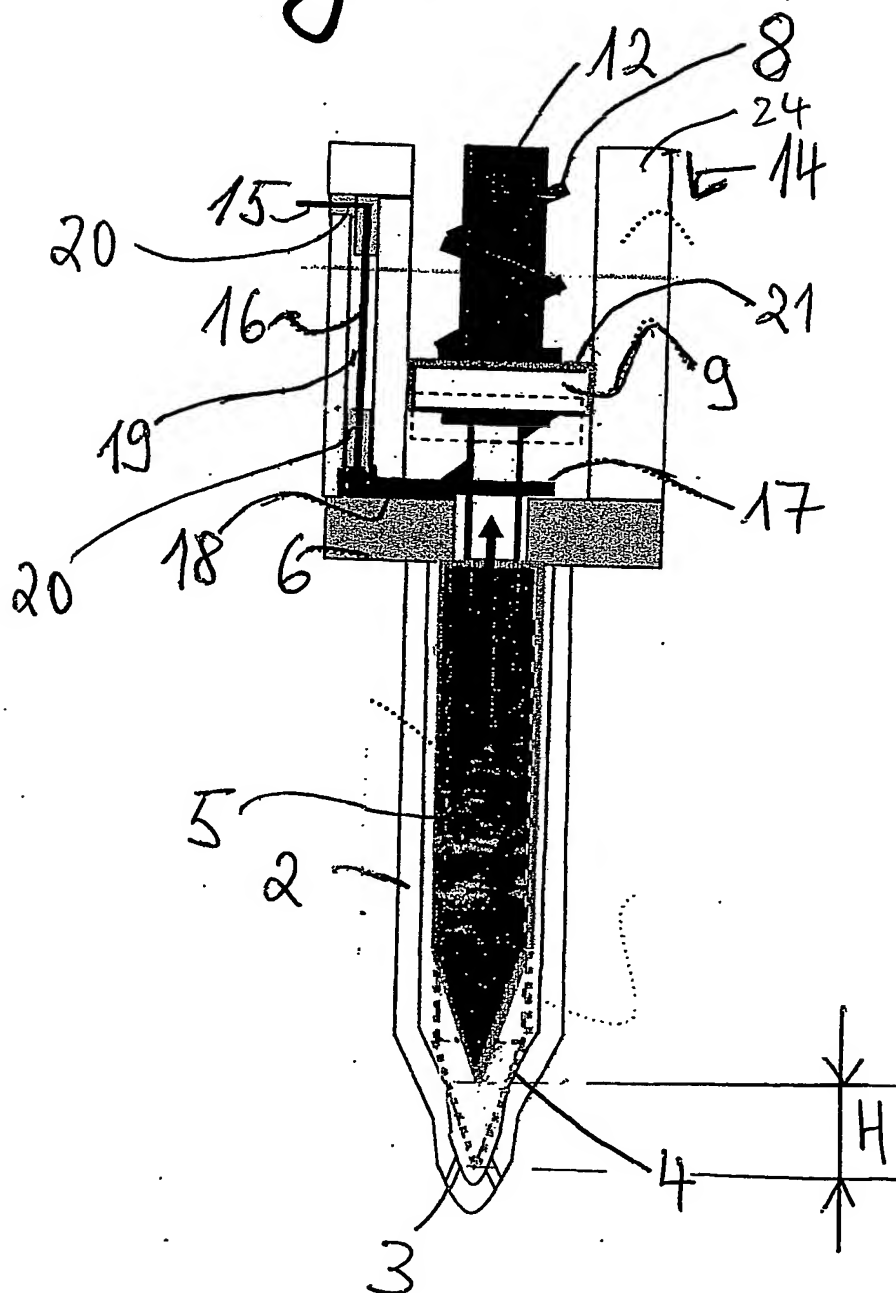


Fig. 3

